

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1938-1939. — N° 114

**ACTION DES COURANTS
DE HAUTE FRÉQUENCE REDRESSÉE
SUR LE CŒUR DE LA GRENOUILLE**

(Etude électro-cardiographique)

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE et de PHARMACIE DE LYON
et soutenue publiquement le 8 Juin 1939.

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Jacques MALVOISIN

Né le 20 Novembre 1912, à Vittel (Vosges).

IMPRIMERIE DE TRÉVOUX

—
1939

**Action des courants
de haute fréquence redressée
sur le cœur de la Grenouille**



Digitized by the Internet Archive
in 2026

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1938-1939. — N° 114

**ACTION DES COURANTS
DE HAUTE FRÉQUENCE REDRESSÉE
SUR LE CŒUR DE LA GRENOUILLE**

(Etude électro-cardiographique)

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE et de PHARMACIE DE LYON
et soutenue publiquement le 8 Juin 1939.

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Jacques MALVOISIN

Né le 20 Novembre 1912, à Vittel (Vosges).

IMPRIMERIE DE TRÉVOUX

1939

PERSONNEL DE LA FACULTE

Doyen honoraire	M. L. HUGOUNENQ
Doyen	M. J. LEPINE
Assesseur	M. A. MOREL

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. LANNOIS, HUGOUNENQ, PIC, CONDAMIN,
PAVIOT, NICOLAS, VILLARD, NOVE-JOSSERAND, TIXIER, COLLET, GAYET, CLUZET

PROFESSEURS

Cliniques médicales	MM. FROMENT
Cliniques chirurgicales	SAVY
Clinique obstétricale et Accouchements	PATEL
Clinique ophtalmologique	BERARD
Cliniques dermatologique et syphiligraphique	VORON
Clinique neurologique et psychiatrique	BONNET
Clinique médicale infantie	FAVRE
Clinique gynécologique	LEPINE (J.)
Clinique Oto-rhino-laryngologique	MOURIQUAND
Clinique urologique	COTTE
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	REBATTU
Clinique et prophylaxie de la tuberculose	CIBERT
Clinique des maladies infectieuses	TAVERNIER
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie	COURMONT
Chimie biologique et médicale	CHALIER (J.)
Chimie organique et Toxicologie	PONTHUS
Matière médicale et Botanique	FLORENCE
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	MOREL
Anatomie	MANCEAU
Histologie	GUIART
Physiologie	LATARJET
Pathologie interne	POLICARD
Pathologie générale et thérapeutique	HERMANN
Anatomie pathologique	CORDIER
Chirurgie opératoire	CADE
Médecine expérimentale et comparée et Bactériologie ..	J. F. MARTIN
Médecine légale	SANTY
Hygiène	ARLOING (F.)
Pharmacie et Pharmacologie	Etienne MARTIN
Hydrologie thérapeutique et Climatologie	ROCHAIX
	LEULIER
	PIERY

PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

Chargé d'un Cours d'Anatomie médico-chirurgicale	MM. THEVENOT (Léon)
Chargé d'un cours d'Embryologie	NOEL

AGREGES

MM.	MM.	MM.	MM.
GABRIELLE	GUILLEMINET	DE ROUGEMONT	MORIN
DECHAUME	MORENAS	P. RAVAUULT	BERTRAND
BERNHEIM	REVOL	PIGEAUD	CLAVEL
POLLOSSON	ENSELME	CROIZAT	LEVRAT
CHAMBON	SEDALLIAN	DELORE	
EPARVIER	CREYSSEL	JOSSERAND	

Examineurs de la Thèse

M. P. PONTUS, *Président.*

MM. ENSELME, CROIZAT et MORIN, *Assesseurs.*

La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs. et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation



A MON PERE ET A MA MÈRE

Je leur dédie ce travail en hommage
d'affection et de reconnaissance.

A MES FRÈRE ET SOEURS

A MES AMIS

A MES CAMARADES DE L'EXTERNAT

A MON MAITRE ET PRÉSIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR P. PONTIUS

PROFESSEUR DE PHYSIQUE BIOLOGIQUE, RADIOLOGIQUE
ET PHYSIOTHÉRAPIQUE
RADIOLOGISTE DES HÔPITAUX

Qui a bien voulu m'accueillir
dans son laboratoire et n'a cessé,
durant le temps trop court passé
à ses côtés, de me prodiguer ses
directives.

Qu'il reçoive ici l'expression de
toute mon admiration et ma pro-
fonde et fidèle reconnaissance.

A MONSIEUR LE DOCTEUR KOFMAN

ASSISTANT DE PHYSIQUE BIOLOGIQUE A LA FACULTÉ

Dont les conseils éclairés nous
ont été précieux pendant ce travail.
Je lui présente, avec mes remercie-
ments, mes déferents hommages.

A MESSIEURS LES PROFESSEURS AGREGES
MEMBRES DE NOTRE JURY DE THESE

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ BERNHEIM
MÉDECIN DES HÔPITAUX

Nous avons pu apprécier, au cours d'un semestre d'externat passé dans son service, toute sa bienveillance à notre égard. Nous le prions de croire à notre respectueux attachement.

A MESSIEURS
LES PROFESSEURS AGRÉGÉS CROISAT ET MORIN

En les remerciant d'avoir bien voulu faire partie du jury de notre thèse.

A MES MAITRES DE L'EXTERNAT

MONSIEUR LE DOCTEUR GRAVIER.

MONSIEUR LE DOCTEUR GARDERE.

MONSIEUR LE PROFESSEUR BÉRARD.

MONSIEUR LE DOCTEUR GOYET.

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ BERNHEIM.

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ ROCHET.

Introduction

Les Professeurs CLUZET et CHEVALIER, puis le Professeur PONTUS ont étudié les propriétés physiques et physiologiques des courants de haute fréquence redressée.

Par leurs propriétés, ces courants sont en somme intermédiaires entre les courants galvaniques et diathermiques. C'est ainsi que, contrairement aux courants de H. F., la H. F. R. a la curieuse propriété d'exciter les muscles. La thèse de médecine du Professeur PONTUS contient des tracés mécanographiques de la contraction cardiaque après excitation par ces courants.

Mais, à cette époque, on n'avait pas envisagé la prise du tracé électrique. Si l'on considère l'extrême extension qu'a pris cette nouvelle branche de la physiologie et le nombre grandissant de Mémoires et de travaux produits chaque année sur cette question, cette étude nous est apparue justifiée.

D'ailleurs de nombreux auteurs ont déjà effectué des recherches similaires, et ont pris des tracés électro-cardiographiques après le passage du courant galvanique, et un auteur russe, sur l'électro-cardiographie après excitation par le courant alternatif. Contrairement à ce que

l'on pourrait croire, ces recherches n'ont pas qu'un intérêt spéculatif, mais ont été dirigées pour contrôler les emplois thérapeutiques du courant électrique, en particulier son action sur le cœur sain et sur le cœur pathologique.

Bien qu'il ne soit pas impossible que le courant de H. F. R. entre un jour dans le domaine de l'électrothérapie, nous nous sommes placé à un point de vue un peu différent et nous nous sommes surtout appliqué à rechercher la correspondance électro-cardiographique des modifications du fonctionnement cardiaque qui avaient déjà été trouvées antérieurement. Nous avons aussi pu confronter les résultats avec ceux qui avaient été établis par l'application d'autres courants que les courants de H. F. R. et vérifier la dualité de ces courants qui se comportent à la fois comme le galvanique et le faradique et comme la H. F.

Deux faits nous ont aussi frappé dans ces recherches :

D'abord l'extrême variabilité des phénomènes observés suivant le matériel employé et les conditions expérimentales, en particulier pour la production de l'arythmie et des blocs.

En second lieu la résistance extrême du cœur de grenouille aux excitations électriques, même prolongées, et l'absence complète de modifications définitives, non seulement au point de vue anatomique, mais aussi physiologique.

Cette thèse comprendra trois chapitres :

Dans le premier, nous avons fait un rappel sommaire des modes de production de la H. F. et des propriétés physiologiques de la H. F. R. sur le cœur.

Le deuxième chapitre expose le détail de l'installation et des différents montages que nous avons utilisés ou abandonnés.

Enfin, dans le troisième chapitre nous avons énuméré les résultats des travaux antérieurs, et analysé ceux de nos propres expériences.

Tous ces tracés ont été effectués au Laboratoire de l'hygiène de la Faculté de Médecine de Lyon, sous les auspices bienveillants de notre Maître, le Professeur PONTIUS, qui nous a prodigué ses conseils et nous a souvent assisté dans nos expériences. Nous le remercions ainsi que le D^r KOFMAN, Assistant à la Faculté, qui nous a offert le concours de son expérience technique.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

a) RAPPEL DE LA PRODUCTION DE LA H. F.

Depuis les travaux célèbres de d'ARSONVAL, on connaît bien actuellement les propriétés des courants de H. F. utilisés journellement en thérapeutique. Avant d'aborder les modes de production de la H. F. R. rappelons brièvement ceux de la H. F.

D'une manière générale, on sait qu'il y a production de ces courants lorsqu'un condensateur de capacité C se charge, dans un circuit doué d'une résistance ohmique R et d'une self induction L satisfaisant à la relation classique :

$$R < 2 \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Dans ce cas, il y a production d'oscillations électriques dans le circuit de décharge, ou circuit oscillant. La

durée T de chacune des oscillations est $T = 2\pi\sqrt{LC}$ quand R est assez faible pour être négligé (la fréquence étant $F = 1/T$).

Ces courants, dus essentiellement à des décharges de condensateurs dans un circuit approprié, sont formés de trains d'ondes séparés par des intervalles de silence, correspondant respectivement à la charge et à la décharge des condensateurs.



FIG. 1. — Courant de haute fréquence à oscillations assorties.

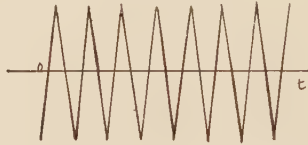


FIG. 1 bis. — Courant de haute fréquence.
à oscillations entretenues.

Il s'en suit que, plus les décharges des condensateurs sont rapprochées, plus les temps de silence sont réduits. Il y aura donc différentes modalités de courant de H. F. suivant la durée respective des temps oscillatoires et des temps de silence, et suivant l'aspect des ondes :

1° Courant très amorti fourni par le dispositif primitif de d'ARSONVAL.

2° Courant peu amorti des postes modernes de diathermie à lampes.

3° Enfin courant rigoureusement entretenu fourni par les postes émetteurs de T. S. F.

Dans ce dernier cas, il n'y a pas trace d'intervalles de silence, et les trains d'ondes sont véritablement fusionnés en un ensemble homogène formé d'ondes élémentaires équidistantes et d'amplitude rigoureusement égale. C'est à cette dernière catégorie de courants que nous nous sommes adressés pour nos essais (nous verrons pour quelle raison à la fin de ce chapitre). Le schéma 1 et 1 bis résume ces deux catégories d'oscillations de H. F. Nous décrirons rapidement le fonctionnement de l'appareil de d'ARSONVAL, puis celui d'un appareil à ondes entretenues.

1° Appareil de d'Arsonval à éclateur.

Cet appareil très simple (schéma 2) comprend trois organes essentiels :

- 1° Les condensateurs ;
- 2° La self ;
- 3° L'éclateur.

Les condensateurs C et C' communiquent avec les deux pôles d'une forte bobine de Ruhmkorff par une de leurs armatures, l'autre étant reliée à une self L constituée par quelques spires de gros fil. Le circuit comprend en outre un éclateur monté en dérivation et commandant la décharge des condensateurs.

Voici comment on peut se représenter le fonctionnement de cet appareil :

La bobine de Ruhmkorff charge les deux condensateurs C et C'. Quand le potentiel de charge atteint une certaine valeur (potentiel disruptif) un étincelle éclate

entre les deux points de l'éclateur E et les condensateurs se déchargent. Si le circuit répond aux conditions énoncées plus haut ($R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$) la décharge n'est pas unique, mais constituée par une série d'oscillations assez rapidement amorties (trains d'ondes). Puis les condensateurs se rechargent à nouveau et le cycle recommence.

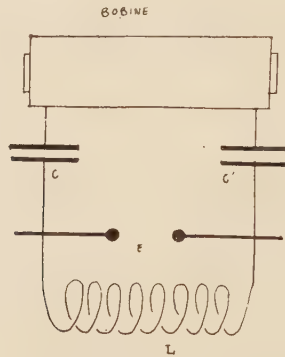


FIG. 2. — Appareil de d'Arsonval.

Les intervalles de silence sont dans cet appareil considérables par rapport aux périodes oscillantes. Aussi a-t-on apporté à cet appareil de nombreux perfectionnements dans le but de réduire les intervalles de silence. On utilise actuellement des appareils de diathermie à lampes. Bien que dénommés « appareils de diathermie à ondes entretenues » les intervalles de silence, dans ces appareils, ne sont pas totalement supprimés. Seuls, les postes émetteurs de T. S. F., produisent des ondes d'amplitudes et de périodes rigoureusement constantes.

2° Appareil à lampe triode.

Pour entretenir les oscillations, on a imaginé d'employer la lampe triode. Celle-ci joue un rôle comparable à celui que joue l'échappement dans l'oscillation du pendule d'une horloge. De même que l'échappement libère

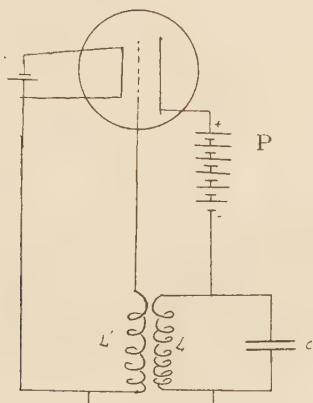


FIG. 3. — Appareil de lampes triodes.

une énergie égale à celle dissipée par les frottements du pendule, de même le circuit plaque de la lampe triode libère une quantité d'électricité égale à celle dissipée par effet « joule » dans le circuit.

Voici comment on peut se représenter en gros, le fonctionnement d'un poste producteur d'oscillations entretenues (schéma 3). Si une perturbation initiale due à l'allumage de la lampe, par exemple, provoque des oscillations de faible amplitude, dans le circuit oscillant, les variations d'intensité du courant induisent dans la bobine L' une force électromotrice variable de même

fréquence. Il résulte, par la suite des variations périodiques de potentiel de la grille, des modifications d'intensité du courant dans le circuit plaque. Le passage de ce courant, dans le circuit oscillant, engendre une F. E. M. qui compense, pour une phase convenable, la chute ohmique de la tension et entretient l'oscillation à une amplitude constante. La puissance perdue par effet joule est restituée par la pile P grâce aux tensions alternatives appliquées à la grille.

b) PRODUCTION DE LA H. F. R.

La définition du redressement d'un courant alternatif peut s'appliquer au courant de H. F. et l'on peut dire « redresser un courant de H. F., c'est transformer ce courant en un courant tel, que sa valeur moyenne pendant une période soit différente de zéro ».

Si l'on considère le courant de H. F. représenté par la figure (1 bis), on voit que les alternances changent de sens une fois sur deux, la valeur moyenne d'une période est égale à zéro.

Si nous voulons obtenir un courant dont la valeur moyenne soit différente de zéro, nous pouvons, soit supprimer toutes les alternances de même signe (fig. 4), soit reporter les alternances de l'autre côté de l'axe ot (fig. 5).

Dans le premier cas, il s'agit d'un courant de haute fréquence redressée avec utilisation d'une seule alter-

nance ; le courant est *polarisé*, mais non véritablement redressé.

Dans le deuxième cas, il s'agit d'un courant de haute fréquence avec utilisation des deux alternances ; le courant est alors non seulement polarisé, mais encore véri-

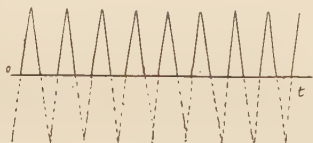


FIG. 4. — Haute fréquence redressée.
avec utilisation d'une seule alternance.

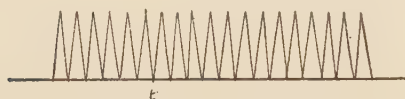


FIG. 5. — Haute fréquence redressée.
avec utilisation des deux alternances.

tablement *redressé*. De toutes façons, on peut appliquer à ces deux modalités de courant l'expression de Courant de Haute fréquence redressée. D'ailleurs, ces deux courants possèdent les mêmes propriétés physiologiques.

Dispositifs redresseurs.

Pour obtenir un courant de H. F. R. il faut utiliser un redresseur qui ne laisse passer aucun courant inverse qui puisse fonctionner sous des voltages variables, parfois très élevés, et dont la rapidité de fonctionnement puisse s'adapter à la fréquence du courant considéré. Par suite les redresseurs utilisés en courants alternatifs de basse fréquence, ne sont pas tous aptes à servir en

haute fréquence. En pratique, seuls les redresseurs à valves de deux, ou mieux, trois électrodes, peuvent remplir les conditions requises.

Nous avons utilisé pour nos essais l'appareil de CLUZET et CHEVALIER, à quatre lampes triodes.

Les lampes triodes peuvent servir de valves thermioniques par le branchement des grilles aux plaques. Les lampes triodes ont, sur les Kenons, le gros avantage d'avoir des limites de fonctionnement beaucoup plus étendues, bien que les grilles soient reliées aux plaques.

Nous décrirons cet appareil plus en détails dans le chapitre II lorsque nous parlerons du montage et des conditions expérimentales.

c) PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET EFFETS PHYSIOLOGIQUES DE LA H. F. R.

Les courants de H. F. R. par leur origine oscillatoire, possèdent certaines propriétés de la H. F., notamment en ce qui concerne leur effet de diathermie. En effet, ces courants, ainsi que les courants de haute fréquence, ne semblent pas suivre la loi de JOULE.

Il est probable d'ailleurs que l'écart observé n'est qu'apparent. Le circuit est toujours, en effet, constitué par des résistances et des capacités. Le courant passant à travers les résistances (courant watté) est seul producteur de chaleur. Le courant de capacité (courant dé-watté) n'en produit pas. L'intensité mesurée par l'ampèremètre est la somme de ces deux courants, ce qui explique l'écart observé.

Leur polarité leur donne, par contre, certaines propriétés du courant galvanique ; c'est ainsi qu'ils sont capables de produire l'électrolyse, de charger les condensateurs, et d'influencer les appareils de mesure polarisés. C'est pourquoi nous avons utilisé pour leur mesure des voltmètres et ampèremètre utilisés en continu.

Cependant, pour la mesure de ces courants on éprouve les mêmes difficultés qu'avec la haute fréquence. La mesure de la fréquence est facilement effectuée grâce à un ondomètre donnant la fréquence du courant de haute

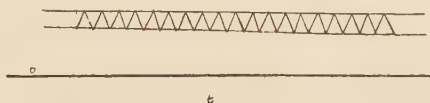


FIG. 6. — Haute fréquence avec résistance faible.

fréquence avant le redressement. La mesure de la tension est plus délicate et s'effectue soit à l'aide d'un voltmètre monté en dérivation et branché aux bornes d'utilisation du redresseur, ce qui donne une précision satisfaisante pour les expériences courantes (comme celles que nous avons effectuées) soit pour plus de précision à l'aide d'un spintermètre ou d'un oscillateur cathodique.

L'étude oscillographique (avec l'oscillateur cathodique de DUFOUT) de ces courants révèle, d'ailleurs des particularités curieuses. Si nous prenons le cas d'un courant de H. I à ondes entretenues, nous voyons que :

En basse tension, le courant de H. F. R. est formé d'ondes distinctes les unes des autres, sur toutes leur hauteur quand le circuit d'utilisation est ouvert ou très

résistant (100.000 ohms), mais les ondes s'unissent les unes aux autres d'autant plus près de leur sommet que la résistance du circuit d'utilisation diminue. Si bien que pour une résistance faible (200 ohms), on n'a plus que la courbe d'un courant continu (figure 6). En haute tension les ondes restent toujours distinctes les unes des autres, indépendamment de la valeur du circuit d'utilisation. Nous devons nous souvenir de ces phénomènes lorsque nous aurons à appliquer ces courants à l'excitation du cœur de la grenouille. Il ne faudra pas, en effet, réaliser les conditions du tracé 6 (résistance faible tension faible), car le courant d'excitation n'aurait plus aucune caractéristique de la H. F. R. mais seulement celles du continu.

Pour l'intensité, il est pratiquement impossible d'obtenir une valeur exacte. Les appareils donnant le plus de précision sont les ampèremètres thermiques à couple thermo-électrique. Nous nous sommes cependant contenté de l'appareil électro-magnétique dont le redresseur était équipé. Le Prof. PONTIUS l'avait étalonné en 1931, en comparaison avec un ampèremètre à couple thermo-électrique et avait constaté que ces indications, pour des ondes entretenues et des courants de faible intensité, ne différaient pas plus de 1/10 de la valeur exacte, précision bien suffisante pour nos expériences.

Au point de vue physiologique, l'action la plus intéressante des courants de H. F. R., est leur pouvoir excito-moteur.

Le myogramme enregistré ressemble à celui de l'excitation par l'association du courant faradique et du galvanique. Comme pour le faradique on observe une téta-

nisation du muscle pendant tout le temps du passage du courant, mais avec une décontraction plus lente. A la fermeture et à l'ouverture du circuit, on observe des secousses distinctes comme celles que l'on obtient avec le galvanique. En somme, action du galvano-faradique.

Sur le cœur le passage de la H. F. R. détermine avec :

1° Des courants d'intensité liminaire (0,2 mA. et 20 v.) et des excitations de courte durée, des contractions pendant la phase diastolique avec repos compensateur, et aucune contraction pendant la période systolique (phase réfractaire) ; tandis que des excitations répétées amènent de l'arythmie, la fibrillation puis l'arrêt du cœur en diastole.

2° Avec des courants forts (3 mA. 300v.) et des excitations de courte durée, l'excitation devient « infaïble » et provoquent des extra-systoles efficaces pendant la systole comme pendant la diastole. Si les excitations sont rapprochées ou si le courant passe en permanence, le cœur présente un état de tétanos extrêmement accusé et se soulève en bloc sans qu'il soit possible de distinguer la moindre contraction fibrillaire.

Ces résultats ne sont pas beaucoup différents de ceux que l'on observe par excitation faradique.

Le passage du courant faradique provoque en effet sur le cœur une contraction isolée pour une intensité liminaire, et une contraction tétaniforme pour une forte intensité ; ce tétanos de tonicité est extrêmement marqué chez les mammifères qui sont très sensibles à l'action du faradique, surtout si la fréquence est élevée.

Pour le courant galvanique, on observe, pour de fortes intensités, une contraction rythmée.

On comprend maintenant pourquoi nous avons effectué nos essais avec des ondes rigoureusement entretenues. Dans le cas d'ondes amorties, en effet, on observe une contraction musculaire à chaque train d'ondes, tous les cinquantièmes de seconde par exemple. La téτανisation que l'on observe est donc dû alors non à l'effet spécifique de la H. F. R. mais au passage des trains d'ondes.

En résumé :

1° La production des courants de H. F. R. exige un émetteur de Haute fréquence (amortie ou entretenue) et un redresseur à valve thermo-ionique.

2° Les effets physiologiques de ces courant sont pour une part ceux du galvano-faradique (excitation neuromusculaire) et, pour une autre part, ceux de la haute fréquence (effet diathermique).

CHAPITRE II

MONTAGE ET CONDITIONS EXPERIMENTALES

a) DESCRIPTION DU POSTE DE H. F. R.

α) Poste de H. F. (schéma 7).

Nous en avons déjà parlé au chapitre premier. C'est un poste producteur d'oscillations rigoureusement entretenues, analogue à ceux employés en émissions radio-phoniques (les ondes amorties sont, en effet, à rejeter, comme nous l'avons expliqué plus haut, par suite de l'excitation produite à chaque train d'ondes).

L'échelle des longueurs d'ondes, varie entre 100 et 450 m. et la puissance est d'environ 40 watts (deux lampes métal E de 20 watts chacune. Nous donnons ci-joint le schéma de ce poste :

Le montage est du type Harthley avec self à prise médiane et condensateur variable de 1/1.000 mf. Le courant du secteur (110 volts alternatif) envoyé dans le Transformateur T est porté à la tension de 500 volts environ. Le courant de haute tension est ensuite redressé

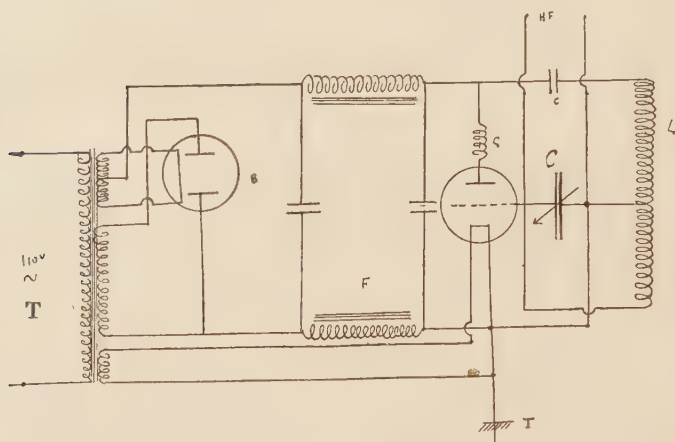


FIG. 7. — Poste producteur de haute fréquence.

au moyen de la lampe biplaque B. Celui-ci est alors polarisé, mais n'est pas rigoureusement continu, d'où la présence du filtre F qui ne laisse passer que du courant continu. Ce filtre est indispensable si l'on veut avoir des oscillations d'amplitude constante. Le courant de haute tension est ensuite envoyé à la plaque de la lampe oscillatrice O. Le courant de chauffage de cette lampe, ainsi que celui de la lampe biplaque proviennent directement du transformateur T, sans redressement préalable.

Le circuit oscillant est constitué par la self L à prise médiane et le condensateur variable C. On remarquera

aussi sur le schéma, la présence de la self de choc S qui est destinée à empêcher le passage de la haute Fréquence, dans le circuit d'alimentation et du petit condensateur c qui s'oppose au passage du courant continu de H. T. dans le circuit oscillant.

Enfin le captage de la H. F. s'effectue au niveau des armatures du condensateur C. Pour ne pas compliquer le schéma, on n'a figuré qu'une seule lampe oscillatrice. La réalisation de cet appareil a été effectuée par la Maison Lyon-Radio à Lyon ; il se présente sous la forme d'une boîte à deux panneaux à angle droit : Sur le panneau vertical est disposé le bouton de réglage du condensateur variable, le bouton d'allumage, les deux bornes de sortie de la H. F. et la self ; celle-ci, montée sur broche est interchangeable, ce qui permet de modifier l'échelle des longueurs d'ondes. Le fonctionnement du poste est simplifié à l'extrême et se réduit à la manœuvre de deux boutons :

1° Le bouton d'allumage (interrupteur du primaire du transformateur).

2° Bouton de réglage du condensateur pour les longueurs d'ondes (le condensateur ayant été préalablement étalonné).

Le réglage de la puissance s'effectue, non sur la H. F., mais au niveau, ou mieux, après l'appareil redresseur. Nous verrons plus loin par quel procédé. On relie directement les deux bornes fournissant la H. F. aux bornes d'entrée du redresseur, par l'intermédiaire de gros fils courts, sans spires (pour éviter la self induc-

tion). Nous avons abandonné le mode de captage par couplage, au niveau de la self, avec un circuit plus ou moins accordé, à cause de la faible puissance disponible. Au contraire, en prenant la H. F. au niveau du condensateur, on dispose du maximum de puissance.

β) **Redresseur.**

Il s'agit du redresseur de CLUZET et CHEVALIER à 4 lampes triodes montées en série et en parallèle, comme le montre le schéma (8). Les lampes sont toutes

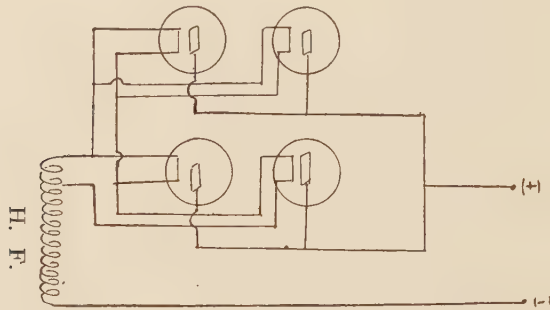


FIG. 8. — Redresseur.

branchées sur la même extrémité du circuit capteur, et n'utilise, par suite de ce montage qu'une seule alternance (ce qui, du point de vue physiologique, a le même effet que l'utilisation des deux alternances). La tension plaque, est directement fournie par la haute fréquence. L'incandescence des filaments est assurée par le courant alternatif du secteur (110 c. 50 périodes) convenablement

dévolté. La réalisation de ce montage a été assurée par la maison GAIFFE sous la forme d'un appareil simple et de maniement facile. Deux bornes marquées H. F. correspondent à l'entrée du courant de H. F., deux autres avec l'indication « utilisation » fournissent le courant de haute fréquence redressée. Le chauffage des filaments est réglé par deux rhéostats auxquels correspondent deux voltmètres gradués de 4 à 8 volts. En faisant varier le chauffage du filament, on peut régler le débit du courant redressé, mais, nous avons évité de nous servir de ce mode de réglage, car les lampes sont faites pour travailler à une température optimum (correspondant à un voltage de 4 v. 8) et on risque de détériorer en faisant le courant du chauffage.

Nous avons préféré effectuer le réglage de la puissance à la sortie du redresseur, au moyen d'un réducteur de potentiel.

γ) Réglage de la haute fréquence redressée.

Du fait de sa polarité, la H. F. influe sur les appareils de mesure utilisés en courant continu. Le courant ainsi mesuré représente la moyenne du courant utilisé : c'est l'intensité et le voltage efficace. Ces appareils fournissent des valeurs approchées, car les voltmètres et ampèremètres employés possèdent des circuits avec selfs, mais les mesures ont une précision suffisante pour le genre d'expériences dont nous nous occupons. Ces appareils ont d'ailleurs été contrôlés, ainsi que nous l'avons déjà dit, par le P^r PONTIUS, dans sa thèse avec

des ampèremètres et des voltmètres thermiques, et l'erreur trouvée ne dépassait pas $1/10^{\circ}$

Pour le réglage de la puissance, nous avons construit un petit réducteur de potentiel avec une baguette de graphite sur laquelle coulissait une bague de cuivre. En déplaçant la baguette de cuivre d'une extrémité à l'autre de la résistance, on fait varier la puissance depuis un maximum jusqu'à zéro. Le milliampèremètre était primitivement placé sur le redresseur ; du fait que ce réducteur de potentiel était placé à la sortie du redresseur, il n'avait plus aucune utilité. Aussi, nous l'avons déconnecté et branché sur le circuit d'utilisation. Il faut remarquer que le constructeur avait shunté le milliampèremètre avec un condensateur fixe pour éviter le passage de la H. F. à son intérieur. C'est pourquoi nous avons placé à l'entrée du réducteur de potentiel deux petits condensateurs fixes de $1/1.000$ de Mfd branchés sur la terre pour dériver la H. F. du circuit d'utilisation.

Ce montage nous a donné satisfaction et nous avons pu constater le bon fonctionnement de la H. F. au moyen d'un appareil récepteur de T. S. F. Lorsque la H. F. est modulée, on entend, en effet, un ronflement caractéristique dans le haut-parleur. Nous avons également pu contrôler le bon fonctionnement du redresseur ; en particulier l'absence de H. F. dans le circuit d'utilisation, ce que l'on décèle facilement en branchant le récepteur dans le circuit à l'entrée d'un fort condensateur. La H. F. R. est arrêtée par celui-ci. Enfin nous disposions de plusieurs clefs pour interrompre ou ouvrir le circuit : d'abord sur l'appareil redresseur, un jeu de clefs permettait d'interrompre et d'inverser le courant. Deux

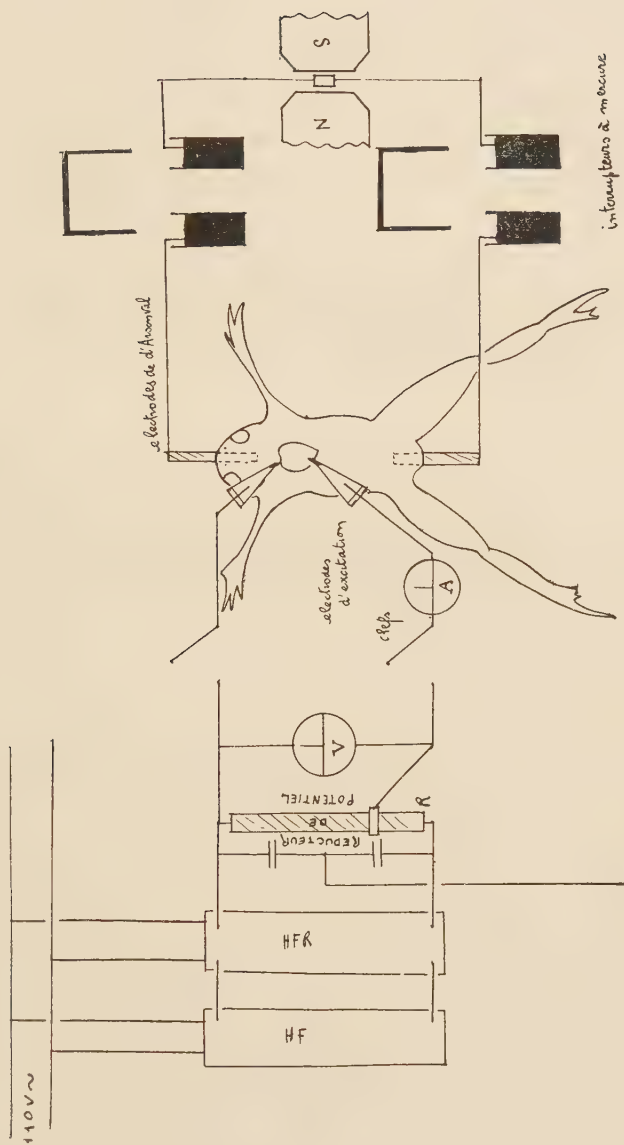


FIG. 9. — Schéma général de l'installation.

clefs mobiles au niveau des électrodes d'excitation permettaient d'interrompre simultanément les deux pôles. Si l'on se contente d'interrompre seulement un pôle, on risque en effet de détériorer le galvanomètre de l'électrocardiographe. Il est nécessaire aussi de disposer de clefs dont les contacts soient largement espacés, car le galvanomètre est sensible au courant très faible qui passe dans le circuit ouvert lorsque les deux plots de contact sont peu distants l'un de l'autre. La figure 9 montre un schéma général de l'installation.

b) MODALITÉS DE L'INSTALLATION

Nous disposons actuellement d'un courant de H. F. R. dont nous pouvons faire varier et mesurer la puissance, la polarité et la durée de fonctionnement. Il nous reste à étudier certaines modalités de fonctionnement, en particulier à nous poser deux problèmes :

1° A quel moment doit-on produire l'excitation et recueillir le courant cardiaque ?

2° Comment placer les électrodes d'excitation et de recueil ?

Le premier problème est celui des temps respectifs du tracé et de l'excitation. Peut-on prendre le tracé avant et après l'excitation ou pendant ? La solution la plus simple consiste évidemment à prendre un tracé témoin par exemple, puis à produire une excitation, enfin de prendre un deuxième tracé le plus rapidement possible après l'excitation, et un troisième tracé quelques minu-

tes après si on le désire. C'est la méthode que nous avons employée. Nous nous sommes demandés néanmoins, s'il n'était pas possible de prendre des tracés, pendant le passage du courant de H. F. R. car les modifications rythmiques en particulier cessaient très rapidement après l'excitation et il était très difficile de les enregistrer.

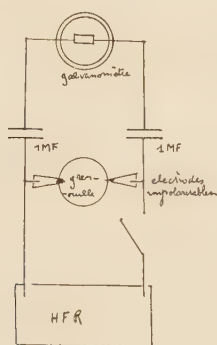


FIG. 10. — Montage spécial.

En théorie, il apparaît possible d'effectuer l'excitation ou, tout au moins, de faire passer un courant de H. F. R. dans le même temps que la prise du tracé, puisque le courant cardiaque et le courant de H. F. R. sont de nature différente. Il suffirait par exemple de disposer dans le circuit du galvanomètre d'un filtre qui arrête la H. F. R. et laisse passer le courant cardiaque. Or, nous savons que la H. F. R. se comporte vis-à-vis des condensateurs comme le courant continu. On peut donc penser qu'en disposant deux condensateurs de forte capacité (1 mfd) à l'entrée du galvanomètre, on arrêtera la

H. F. R. Le courant cardiaque étant modulé, peut passer à travers les condensateurs (schéma 10). Nous avons d'abord vérifié que la H. F. R. ne passait pas à travers les condensateurs. Il faut prendre soin cependant d'établir le courant très progressivement, pour éviter les courants de charge et de décharge. Malgré tout, en employant un galvanomètre moins sensible que celui de l'électrocardiographe, il persiste parfois un courant très faible, qui suffirait à détériorer le galvanomètre de l'électrocardiographe.

D'autre part, lorsque nous avons fait passer le courant cardiaque à travers les condensateurs, des tracés furent tellement déformés qu'il était impossible de reconnaître quoi que ce soit. Nous avons donc abandonné ce dispositif. D'ailleurs la sensibilité du galvanomètre était telle que la connexion d'un seul pôle avec le redresseur *même toutes lampes éteintes* suffisait à faire dévier le spot au maximum. Nous nous sommes donc contentés de prendre le tracé le plus rapidement possible après l'excitation.

Comme nous l'avons fait remarquer, la sensibilité du galvanomètre nous obligea à interrompre les deux pôles du circuit de l'électrocardiographe pendant l'excitation, et les deux pôles de la H. F. R. pendant la prise du tracé. Nous avons pensé au début qu'avec un jeu de 4 clefs, nous pourrions effectuer très rapidement cette manœuvre. Malheureusement, la H. F. R. arrive à passer à travers l'espace d'air compris entre les deux plots de la clef. Et, d'autre part, en appuyant plus ou moins fortement sur la clef, on produit des perturbations très notables dans le tracé. Nous avons donc placé dans le circuit

de l'électro un interrupteur à mercure avec deux ponts métalliques, très facile à mettre en place et à enlever rapidement, conservant l'usage des 2 clefs pour le circuit de H. F. R.

Deuxième problème : celui de la mise en place des électrodes au niveau des tissus de la grenouille. Il comporte deux solutions.

1° Dérivation directe.

Une seule paire d'électrodes. — Nous avons d'abord placé une seule paire d'électrodes impolarisables pour l'excitation et le recueil du courant cardiaque. Ces électrodes étant placées l'une à la pointe, l'autre à la base du cœur. On prend d'abord un tracé témoin, puis on fait passer le courant de H. F. R. à travers les électrodes, le galvanomètre à corde étant déconnecté, enfin on branche les électrodes au galvanomètre pour prendre le tracé. Mais on remarque alors que, bien que les électrodes soient dites « impolarisables » il se produit une force électromotrice de polarisation après le passage de la H. F. R. ; celle-ci, bien que très faible, suffit à faire dévier le spot du galvanomètre vers les joues de la bobine et, il faut attendre une demi-minute environ pour voir le spot réapparaître dans le champ du film.

2° Dérivation indirecte.

Deux paires d'électrodes. — Nous avons employé deux paires d'électrodes l'une pour l'excitation, l'autre pour le courant cardiaque, électrodes placés, en dériva-

tion indirecte. Pour éviter l'influence perturbatrice de l'ionisation due aux électrodes d'excitation, on a intérêt à éloigner le plus possible les deux paires d'électrodes. Nous avons recueilli le courant cardiaque dans la dérivation indirecte : bouche-anus. Pour ce faire, nous avons enfoncé les électrodes d'argent chloruré de d'ARSONVAL, l'une dans le rectum, l'autre dans le pharynx de la grenouille, sans interposition des solutions physiologiques (ce qui diminue beaucoup la résistivité et n'enlève pas l'impolarisation). Les électrodes d'excitation étaient constituées par des électrodes de DUBOIS-RAYMOND, et étaient placées l'une au niveau de la base, l'autre au niveau de la pointe du cœur. On sait que ces électrodes sont constituées par une tige de zinc plongeant dans une solution de sulfate de zinc, contenue dans un petit tube effilé. Un bouchon de kaolin imbibé de sérum physiologique (ou mieux une mèche de coton imbibé de la pâte de kaolin-sérum physiologique) obturait le tube et était en contact avec le tissu à exciter. Ces électrodes sont moins polarisables que celles de d'ARSONVAL et d'un emploi aussi commode. Il nous reste enfin à parler du galvanomètre de l'électrocardiographe. L'électrocardiographe dont nous nous sommes servis, était d'un modèle assez ancien (1914), et possédait un galvanomètre bifilaire à miroir, plus robuste que le galvanomètre à corde d'Einthoven utilisé habituellement (celui-ci n'aurait pas résisté au courant adventice de polarisation ou de basse fréquence), mais moins sensible. Nous ne disposons pas sur cet appareil de chronographe, mais seulement d'un compteur de vitesse indiquant les millimètres de film déroulés par seconde. Tous les tracés ont

été pris, (sauf un) à la vitesse de 30 mm. par seconde. Cet appareil ne nous a pas permis non plus d'étalonner les déviations du spot de 1 mm. par millivolt. Cependant, les conditions d'expérience restant les mêmes, on peut admettre que les tracés, pendant une expérience, restent comparables entre eux. D'ailleurs, ce qui importe, ce ne sont pas tellement les valeurs absolues du courant cardiaque, que les modifications du tracé par rapport au tracé témoin.

En résumé, l'appareillage est donc composé des éléments suivants :

- 1° un poste de haute fréquence ;
- 2° d'un redresseur ;
- 3° d'appareils de mesure et de régulation (voltmètre, ampèremètre, potentiomètre, interrupteur à mercure et clés) ;
- 4° d'électrodes impolarisables pour la conduction de la H. F. R. au niveau du tissu myocardique et pour recueillir le courant d'action du cœur.
- 5° de l'électrocardiographe.

Le schéma 9 montre le dispositif d'ensemble en ordre de marche.

c) PROTOCOLE D'UNE EXPÉRIENCE

Si l'on veut obtenir de bons tracés, toujours comparables entre eux, et si l'on veut éviter les perturbations de causes extrinsèques (courants parasites) ou intrinsèques (courants extracardiaques), il est nécessaire de se placer toujours dans les mêmes conditions expérimentales. Nous ne parlerons pas des précautions à prendre pour éviter les perturbations extrinsèques. Ce sont celles que l'on réalise lors de la prise de n'importe quel tracé électrocardiographique (précautions pour isoler le galvanomètre des vibrations mécaniques et des courants électriques extérieurs). Les perturbations dues aux courants extracardiaques, en particulier courant d'action des muscles squelettiques, sont faciles à éviter. Il suffit de détruire le système nerveux de la grenouille suivant la technique que nous avons empruntée à ROFFO.

1° Destruction de la moelle en enfonçant dans le canal rachidien au niveau de l'articulation atloïdo-axoïdienne, une aiguille jusqu'à ce que l'on ait obtenu l'hypotonie absolue des membres supérieurs et inférieurs, puis dirigée en haut vers l'encéphale jusqu'à l'abolition des mouvements des globes oculaires. On fixe ensuite la grenouille sur une planchette, et on découpe une large fenêtre thoracique par ablation du plastron sterno-costal. Dans cette opération, on prend soin de ne pas léser les vaisseaux de la base du cœur et de ne pas déchirer le péricarde. On écarte les languettes pulmonaires qui re-

couvrent le cœur pour l'isoler des organes avoisinants. Comme nous l'avons exposé plus haut, nous avons utilisé la dérivation indirecte pour éviter les phénomènes de polarisation observés avec une seule paire d'électrodes servant à l'excitation et à la prise du courant cardiaque. La dérivation indirecte a un autre avantage : la fixation plus solide des électrodes. En effet, lorsqu'on applique directement les électrodes sur la pointe et sur la base du cœur, il se produit à chaque systole de petits déplacements des mèches de coton des électrodes, déplacements qu'il est difficile à éviter. Ces déplacements mécaniques se traduisent sur le tracé par des ondes adventices rythmées à chaque systole. Lorsque les électrodes sont enfoncées profondément dans le pharynx et dans le rectum, cette cause d'erreur est évitée. Comme nous l'avons déjà dit, nous avons employé pour la prise du courant cardiaque, les électrodes de d'Arsonval légèrement modifiées (électrodes d'argent chloruré sans interposition de sérum physiologique). Ces électrodes demeurent impolarisables si on a soin de rechlorurer fréquemment les électrodes par électrolyse dans une solution de NaCl.

Pour l'excitation, les électrodes de Dubois-Raymond appliquées l'une à la base, l'autre à la pointe du cœur, nous ont donné satisfaction.

Avant chaque expérience, on commence d'abord par prendre un tracé témoin. On ferme le circuit de l'électrocardiographe en manœuvrant l'interrupteur à mercure, en laissant ouvert le circuit de la H. F. R. Ensuite, le tracé témoin étant enregistré, il est nécessaire de régler le voltage et l'intensité de la H. F. R. suivant le

genre d'expérience que l'on désire effectuer : courants liminaires, courants supraliminaires, etc...

Pour des intensités liminaires, nous savions qu'il fallait une intensité de 0,2 mA. et 20 v., par exemple. En faisant varier l'intensité et le voltage autour de cette valeur, nous cherchions l'intensité liminaire exacte. Généralement pour des courants faibles, nous faisons passer le courant pendant 50 secondes, 1 minute, 2 minutes, etc..., puis nous prenions un tracé tout de suite après 1, 2, 3, 10 minutes après. Pour les courants de fortes intensités, le processus était différent. Nous choisissons une valeur élevée du courant d'excitation, en supprimant au besoin la résistance du réducteur de potentiel pour utiliser la puissance maxima, ce qui nous donnait environ 30 volts et 10 à 20 milliampères.

Le plus souvent nous faisons passer des excitations de courte durée et rapprochées, dans le but de produire des troubles du rythme.

Comme ces troubles sont très fugaces, ce n'est qu'après plusieurs essais que nous arrivions à les enregistrer. Malgré les réglages préalables, on n'est jamais sûr de retrouver le spot dans le champ du film après l'excitation, et ce n'est que par tâtonnement que l'on arrive à prévoir la déviation probable du spot après l'excitation.

Enfin il nous est arrivé de prendre des tracés longtemps après l'expérience (24 h.) sur le cœur laissé en place ou même isolé et plongé dans le sérum salé.

CHAPITRE III

TRAVAUX ANTERIEURS ET RECHERCHES PERSONNELLES

I. — TRAVAUX ANTÉRIEURS

a) Electrocardiogramme normal de la Grenouille.

L'électrocardiogramme normal de la grenouille comme chez tous les vertébrés se compose de 2 ondes principales :

- 1° un accident auriculaire P ;
- 2° le complexe auriculaire QRST.

L'onde P correspondant à la contraction des oreillettes est positive ou négative et de peu d'amplitude. Elle précède de 3/10 de seconde environ le complexe ventriculaire QRST.

L'onde QRST est composée d'une oscillation très brève, positive QRS, à sommet aigu durant $3/100$ de seconde environ, et d'une onde T nettement détachée de celle-ci et suivant l'onde R de 4 à $5/10$ de seconde. Elle est, soit positive, soit négative. Enfin pendant la période diastolique, le tracé ne subit pas de variations et suit la ligne isoélectrique pendant $5/10$ de seconde environ.

La durée totale d'une révolution cardiaque varie entre $13/10$ et 1 seconde $\frac{1}{2}$. Cette durée s'allonge sur le cœur longtemps isolé de l'organisme.

Sur ces accidents principaux viennent parfois se greffer des accidents secondaires dont le plus constant est l'onde β due d'après PETZETAKI à la contraction du bulbe aortique. Cet accident se place entre l'onde S et T. Cette onde est d'amplitude minime et la plupart du temps non visible sur nos tracés ; c'est pourquoi nous n'avons tenu compte que des trois accidents principaux P ; QRS ; T.

D'après les tracés témoins que nous avons pris, P est presque toujours positif ; QRST présente une encoche faiblement négative au niveau de S, plus rarement au niveau de Q. Enfin l'onde T est aussi souvent négative que positive.

Nous avons pris comme dérivation la dérivation base — pointe ou bouche-anus, l'électrode de la base étant reliée au pôle + du galvanomètre, le pôle (—) à la pointe. Certains auteurs préfèrent la disposition inverse : (base (—) pointe +). L'allure du tracé est alors opposée avec une onde R négative.

Les schémas ci-dessous montrent ces différents types de tracés.

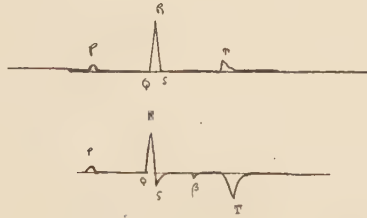


FIG. 11 et 12.

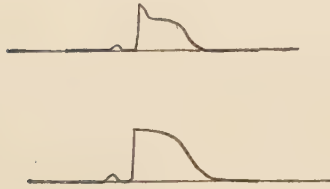


FIG. 13 et 13 bis.

Nous compléterons cette étude par le schéma de deux tracés atypiques effectués l'une après arrêt toniqué de la pointe du cœur, l'autre après cautérisation de la pointe du cœur. Nous avons retrouvé parmi nos tracés des figures analogues, en particulier le n° 13 qui fut pris après excitation avec un courant fort au moyen d'une électrode métallique appliquée sur la pointe du cœur. L'aspect des figures n'est donc pas dû à l'action spécifique du courant de H. F. R., mais à un artéfact (cautérisation du myocarde due au courant trop intense). Ce fait nous montre la difficulté d'interprétation des tracés.

b) Electro après passage du courant autre que la H. F. R.

Nous avons trouvé dans la littérature trois groupes de travaux se rapportant à cette question :

- 1° Electrocardiogramme après passage de la H. F.
- 2° Electrocardiogramme après passage du galvanique.
- 3° Electrocardiogramme après passage de l'alternatif.

Analysons successivement ces trois séries de travaux.

1^{er} Article.

MODIFICATIONS ÉLECTROCARDIOGRAPHIQUES
APRÈS APPLICATION DES ONDES COURTES.

Par A. E. ROFFO et A. C. TAQUINI (*Société de Biologie de Buenos-Aires*, séance du 5 juillet 1934).

« La vulgarisation de l'application des ondes courtes en thérapeutique nous a décidé à étudier son action sur le cœur. Nous avons utilisé un appareil Inag Siemens et appliqué des ondes amorties de 28 m., voltage de 220 (réseau général alternatif), circuit oscillatoire formé d'un transformateur et 2 spintermètres, avec leurs condensateurs. Le circuit d'utilisation possède 2 condensateurs variables et de résonnance avec 4 sorties pour faire 2 applications simultanées.

« Nous avons fait les expériences sur des chiens de 8-10 kgr., anesthésiés au chloral-morphine. On appliqua des électrodes de 18 cm. de largeur et 26 de longueur (plaques de métal recouvertes de 3 mm. de caoutchouc), mises sur chaque côte du thorax, derrière les aisselles,

séparés du thorax par du feutre (5 mm. d'épaisseur) et assujetties par des bandes de caoutchouc. Nous avons employé une fréquence de 28 m., équivalent à 11 mégacycles avec 2,2-2,6 ampères de rendement ; nous avons dosé avec un ondomètre de précision. On syntonisa des ondes harmoniques de 17,8 - 18,2 - 7,5 - 6,2 m.

« La température rectale des animaux atteint 40°, 37°5, 39°, 39°5. L'application ne dura qu'une heure. Après 4-10 heures, les animaux sont morts ; on trouve une congestion du foie, puis des poumons, des reins et de la rate.

« Nous avons observé après l'application et une heure plus tard des modifications très marquées de l'électrocardiogramme ; accélération sinusale ; augmentation de la profondeur de Q, diminution du voltage de R, abaissement de l'espace ST ou bien disparition de S, onde T aiguë et haute en dérivation I-H, invertie et aiguë en dérivation III.

« Certaines de ces modifications (augmentation de la profondeur de Q, dénivèlement de ST, disparition de S, inversion de T ou T aiguë) rappellent celles qui suivent la ligature ou l'occlusion des artères coronaires. »

Conclusions. — Après application des courants de H. F., ces auteurs ont donc observé les modifications électrocardiographiques suivantes :

- accélération sinusale ;
- augmentation de la profondeur de Q ;
- diminution du voltage de R ;
- abaissement de l'espace ST ou disparition de S ;
- onde T aiguë et haute en dérivation I et II ;
- invertie et haute en dérivation III.

Bien que nous n'ayons pas à notre disposition les figures qui illustraient ces articles, on peut schématiser ces conclusions de la façon suivante :

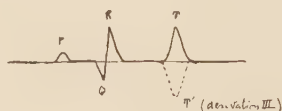


FIG. 14.

Un deuxième article de ROFFO étudie « l'action des ondes électro-magnétiques sur le cœur des batraciens. »

Bien qu'elle ne comporte pas de tracés électrocardiographiques, nous en donnons un extrait :

ACTION DES ONDES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES SUR LE CŒUR DES BATRACIENS

Par A. E. ROFFO (*Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale*, février 1935).

« Les expérimentations réalisées par la plupart des chercheurs se réfèrent particulièrement à l'effet diathermique, dû au phénomène de JOULE, c'est-à-dire au développement de chaleur par le passage d'un courant de haute fréquence, dont l'effet est secondaire. Ainsi, on obtient des résultats qui sont la conséquence de la chaleur développée dans les tissus. Il s'agit d'un phénomène que l'on obtient par la production de vibrations fixes, sans décharges électriques compliquées.

« Dans ce sens on a étudié ainsi l'effet d'autres vibrations électro-magnétiques, comme, par exemple celles comprises dans les rayons infra-rouges, $18\mu - 0,76\mu$,

cependant, on peut interpréter leur action de la même manière que celle produite par la diathermie.

« D'autre part, la lumière visible $0\mu 76 - 0\mu 4$ grâce aux expérimentations d'AMSLER, PICK et KOHLM, acquiert beaucoup d'importance pour l'interprétation de ce phénomène.

« Les résultats que j'ai obtenus doivent être interprétés avec l'exclusion du système nerveux central, qui a été détruit chez tous les batraciens que j'ai employés, par le procédé habituel. Cette destruction a été réalisée par l'introduction d'une aiguille dans l'atlas occipital. J'ai tout d'abord dirigé sa pointe en bas, dans tout le canal rachidien. J'ai secoué jusqu'à relâchement complet des membres, ce qui nous montre la destruction de la moelle épinière. Ensuite, j'ai dirigé l'aiguille en haut, dans l'intérieur du crâne, en la secouant à nouveau, jusqu'à ce que les réflexes et la position du globe oculaire montrent la destruction de l'encéphale. Je n'ai pas détruit les terminaisons intra-cardiaques.

« Or, il s'agit d'une action propre à l'organe ou au complexe constitutionnel de l'animal avec répercussion sur l'organe. Ainsi, si nous observons les résultats alors sur les figures obtenues, on voit qu'il se passe un temps assez long avant l'apparition des premières perturbations, qui se présentent comme une diminution de l'intensité de la systole. Ce résultat plaide en faveur de la théorie oscillatoire, car si elles étaient la conséquence d'un courant, les altérations seraient brusques et immédiates dès le fonctionnement de la source électrique, tandis qu'ici son apparition est non seulement tardive, mais les effets observés se développent lentement, avec

une intensité graduellement croissante. On voit bien cela quand on place l'animal en contact avec un des fils de LECHER ; dans ce cas, le phénomène se produit plus rapidement et on n'observe plus les modifications antérieures, mais justement le contraire, il se développe une arythmie bien marquée. On comprend ce résultat facilement, car, à travers ce fil passe un courant, bien qu'il soit faible, il fait dévier l'aiguille du milliampèremètre.

« En outre, il faut ôter à ces résultats l'influence que ces ondes pourraient exercer sur les noyaux propres du cœur ou les extrémités des nerfs, dans ce cas, -disparue. Passée une période de temps suffisamment prolongée, la systole du cœur prendrait de nouveau son intensité primitive, ce que je n'ai pas observé, il existe en outre un fait qui présente un intérêt particulier, quand le milliampère de rendement n'est pas grand, l'intensité systolique diminue lentement, jusqu'au moment où elle augmente lentement pour revenir à l'intensité normale.

« Pour ces recherches j'ai construit un appareil avec circuit Mesny, à deux lampes Philips T C O4/10, alimenté par un courant alternatif (tant le circuit de plaque que celui du filament). Les deux anodes sont unies entre elles et les deux grilles aussi, ces deux selfs étant accouplées entre elles et alimentées dans leur partie du milieu. Le circuit d'utilisation se compose d'une self accouplée à la self de la plaque. Il se termine par deux électrodes, un ampèremètre thermique étant intercalé, la mesure de la fréquence est réalisée par l'intermédiaire des fils de Lecher et l'intensité par l'ampèremètre thermique intercalé dans le circuit d'utilisation.

« *Résumé.* — Les déterminations ci-dessus décrites permettent d'aboutir aux conclusions suivantes :

« Les ondes courtes exercent une action sur le muscle cardiaque en diminuant l'amplitude de la systole, jusqu'à arriver à arrêter le cœur en diastole.

« Cette action est en relation avec l'intensité de l'application, la longueur d'onde étant un facteur secondaire. »

Conclusion. — Il s'agit donc non de modification électrocardiographique, mais de troubles du rythme :

diminution d'amplitude de la systole ;

arrêt du cœur en diastole ;

influence notable de l'intensité ;

influence nulle de la longueur d'onde ;

temps de latence entre le passage du courant et les modifications observées et effet graduellement croissant.

2^e Article.

EFFET DU COURANT GALVANIQUE

SUR L'ÉCOULEMENT D'EXCITATION DANS LE MUSCLE DU CŒUR

Par HOCHSBADT et LEIMDÖRFER (*Wien. Klin. Woch.* 1937)

« Les recherches cliniques de LEIMDÖRFER au cours desquelles il a examiné l'influence de différents courants électriques, sur la circulation de personnes saines de cœur, et de personnes ayant une affection cardiaque, ont donné les résultats suivants : en appliquant des courants galvaniques, il faut attribuer une importance essentielle à la *direction du courant circulant à travers le corps*, par rapport à l'efficacité.

« Il est curieux de constater que l'on n'avait jamais attribué jusqu'ici (pour autant qu'on peut en juger d'après les documents mis à notre disposition et que nous avons consultés) une importance à la façon dont se comporte le courant galvanique, surtout pendant le traitement de maladies du cœur.

« Afin de pouvoir mieux s'en rendre compte, des recherches expérimentales et des recherches électrocardiographiques ont été faites sur des animaux, après avoir fait passer des courants galvaniques dans différents sens. Elles semblaient donner de bons résultats.

« On peut en effet utiliser sans inconvénient des courants plus forts sur les animaux que sur le corps humain pour obtenir des résultats plus sensibles.

Méthodologie.

« Les recherches ont été pratiquées sur deux chiens de 19 et 22 kilos auxquels on a donné environ deux heures avant les essais 0,01 gr. de morphine par kilo de poids corporel. Les animaux d'expériences ont été couchés sur le dos sur une planche d'opération et légèrement attachés. Pour faire passer le courant galvanique, on leur mettait deux électrodes à plaques de 5 × 8 cm. L'une sur la peau rasée de la partie supérieure de la poitrine, l'autre sur la peau rasée au-dessous de l'os sacrum.

« Entre la peau et les électrodes se trouvaient plusieurs couches de gazes imbibées d'une solution physiologique de sel de cuisine. Aux premiers essais, on introduisait dans l'anus une tige en cuivre d'environ 10 cm. de longueur servant d'électrode distale. Mais, comme on pouvait souvent constater une agitation chez les animaux, en procédant de cette façon probablement en rai-

son de l'irritation de la membrane muqueuse du rectum, on employait aux essais suivants seulement l'électrode au niveau du sacrum.

« Pendant une série d'essais on a fait passer le courant de sorte que l'électrode-sternum était Anode, et l'électrode-sacrum était Cathode (courant descendant). Pendant une deuxième série d'essais, on a fait traverser le courant dans la direction contraire (courant montant).

« Pour constater l'influence des courants galvaniques dirigés différemment sur l'écoulement d'excitation dans le muscle du cœur, on a fait des enregistrements électrocardiographiques avant et après traversée du courant.

« Comme nous savons par les recherches de PAULI que la résistance de la peau change en faisant traverser des courants galvaniques, on a employé des aiguilles électrodes pour les enregistrements électrocardiographiques, afin de mettre hors du circuit cette source d'erreurs.

« On introduisait trois aiguilles en acier sous la peau rasée de la partie supérieure de la poitrine (subcutanée) ; une aiguille à 4 cm. à droite de la ligne moyenne et 10 cm. au-dessus du processus xiphoïdien ; la deuxième aiguille également à 4 cm. à droite de la ligne moyenne et 2 cm. au-dessus du processus xiphoïdien ; la troisième aiguille 4 cm. à gauche de la ligne moyenne et 2 cm. au-dessus du processus xiphoïdien. Cette position des aiguilles permettait les enregistrements électro-cardiographiques en trois dérivations comme montre l'image I.

« Pendant les essais, on a procédé de la façon suivante : D'abord, on a enregistré le ECG dans les trois dérivations, ensuite on a fait passer le courant selon la manière des essais, soit en montant, soit en descendant et

ceci avec du courant continu jusqu'à 50 mA pendant une durée de 30 à 60 minutes. Après avoir cessé de faire passer le courant, on a enregistré de nouveau le ECG en différents intervalles.

Résultats d'essais.

« Après avoir fait passer des courants descendants, on remarquait sur l'image ECG comme phénomène le plus surprenant, un changement des oscillations finales (oscillation *intermédiaire* ST, ainsi que la pointe T).

« Au cours de nombreux essais de ce genre, on a pu remarquer (surtout dans la deuxième dérivation) une élévation marquée de l'oscillation intermédiaire et seulement une augmentation modérée de l'oscillation suivie. Bien entendu, il est quelquefois difficile d'observer la pointe T pendant les essais, parce qu'à la suite de la dérivation avec les aiguilles électrodes, souvent l'oscillation suivie apparaît double.

« Il est à remarquer spécialement que le début de l'élévation de l'oscillation intermédiaire commence à un endroit normal, c'est-à-dire depuis la ligne isoélectrique. L'image 2 illustre ces observations. Pour cet essai on a fait circuler un courant descendant d'une force de 50 mA pendant 30 minutes.

« Au cours d'autres essais on a surtout pu constater une augmentation de l'oscillation suivie après avoir fait passer des courants descendants.

« D'ailleurs cette manière de faire traverser le courant n'occasionne pas de changements essentiels de la forme ECG. Les pointes—P, la forme, la grandeur et la durée du complexe ventriculaire restent inchangés. Mais on

voit parfois dans quelques dérivations après le passage du courant, une pointe—R plus ou moins diminuée, pendant que l'oscillation finale reste toujours amplifiée.

« Ces différences de grandeurs des pointes—R sont occasionnées par des arythmies respiratoires que l'on observe souvent chez les chiens. C'est pourquoi nous trouvons quelquefois pendant les essais, même avant la traversée du courant, des arythmies respiratoires avec différentes grandes pointes—R.

« En général, les changements ECG ne se manifestaient plus après une demi-heure à une heure. Ensuite, en utilisant des courants plus forts, les changements n'étaient par réellement plus forts, mais les variations de l'oscillation finale étaient plus longues, et plus régulières.

« Il est encore à mentionner qu'après le passage des courants descendants, il se produisait une rougeur et un échauffement de la peau rasée de la poitrine sur laquelle les plaques d'électrodes étaient placées.

« Le courant montant se conduisait de façon contraire au courant descendant. Nous avons observé, pendant les essais avec le passage du courant montant un abaissement marqué de la ST, abaissement qui dépend dans un certain sens de l'intensité et de la durée du courant électrique.

« Nous avons pu également confirmer dans ces essais les observations qu'a faites HOCHSTADT en commun avec SCHEMINSKY et ADLER, que le courant montant (contrairement à l'effet calmant, narcotique du courant descendant) provoque une agitation chez les animaux, malgré la narcose de morphine, en même temps que des

convulsions et des crampes qui durent encore un certain temps après le passage du courant. C'est aussi la raison pour laquelle nous voyons toujours des signes de fortes agitations dans les courbes ECG après traversée du courant montant.

« Comme exemple typique de ces essais, nous allons citer ici l'essai XV. L'image 3 nous montre le ECG avant et 5 minutes après traversée du courant montant ; la force du courant indiquait 55 mA pendant 30 minutes. Nous voyons l'abaissement marqué de la pièce intermédiaire après la traversée du courant, pour le reste, le ECG inchangé en ce qui concerne la forme, la fréquence et la durée du temps.

« Aussi, dans ces essais, l'effet du courant électrique diminuait peu à peu et disparaissait après une heure environ. Egalement, après traversée du courant montant la peau de la poitrine avait rougi légèrement et était échauffée, quelquefois, il se formait même de nombreux petits nœuds rougeâtres.

« Afin de se rendre compte si la traversée latérale du courant du thorax aurait une influence sur l'écoulement de l'ECG, le thorax a été traversé par le courant de droite à gauche et inversement, et il a été enregistré un ECG comme pour les essais antérieurs avant et après ces passages de courant. Dans ces essais aucune influence ne se montre de la forme ECG.

« Il restait à examiner si les changements constatés de l'oscillation finale n'étaient pas provoqués par des causes extracardiaques. J'ai déjà attiré l'attention au commencement de cet article sur les changements de la ré-

sistance de la peau après traversée de courants galvaniques.

« J'ai aussi souligné, pour éviter cette source d'erreurs, que les enregistrements d'ECG n'ont été exécutés qu'avec des aiguilles électrodes. Ainsi l'influence due à la résistance de la peau est supprimée.

« On n'a pas changé la position des animaux d'expérience pendant ces essais ; la respiration, c'est-à-dire la situation du diaphragme n'est pas non plus à considérer comme des facteurs de changement, parce que la respiration n'avait pas changé sensiblement pendant tous les essais. Aussi la fréquence du cœur restait la même pendant — et après la traversée du courant — de sorte que les variations du tonus des nerfs du cœur (N. Sympathique et vague) qui exercent quelquefois une influence sensible sur les oscillations finales, ne peuvent pas être la cause des variations ECG observées.

« Dans nos essais, il fallait encore envisager la possibilité d'une influence extracardiaque, en raison de l'échauffement de la peau de la poitrine, que nous avons observé déjà chez les animaux d'expériences après le passage du courant montant et du courant descendant. Il est un fait connu, que l'échauffement de parties spéciales du cœur provoque une transformation sensible de l'oscillation suivie T.

« Afin de mettre en valeur l'importance de l'échauffement de la peau de la poitrine dans nos essais, nous avons provoqué, au cours d'une recherche spéciale, par application d'un Thermophor électrique, un échauffement et une rougeur intenses de la peau de la poitrine,

de la même étendue que celui provoqué par le passage de courants électriques.

« Il a été fait des enregistrements ECG avant l'échauffement et à des intervalles déterminés après l'échauffement. On n'a pas pu trouver de changements dans les courbes ECG.

« Si nous jetons un regard sur les observations exposées ci-dessus, nous examinerons d'abord quelles conclusions nous pouvons tirer de l'apparition de l'abaissement de la pièce intermédiaire et de la transformation de la forme de l'oscillation consécutive qui, comme nous l'avons observé, sont provoqués par le passage du courant montant.

« Comme on le sait, la forme et la position de l'oscillation intermédiaire sont considérées comme un critérium important pour le jugement d'un ECG, en raison de nombreuses recherches cliniques et expérimentales des dernières années.

« Une oscillation intermédiaire sensiblement abaissée, constatée souvent dans des dérivations déterminées, est habituellement considérée comme le signe caractéristique d'un préjudice du myocarde ; on lui attribue la même importance qu'à une oscillation suivie négative ou diphasée (dans une dérivation déterminée).

« Quand il a été provoqué un préjudice du myocarde par le courant montant (la courte durée des changements ECG observés par nous s'y oppose) on devait considérer une onde ST abaissée comme une expression visible d'un trouble de l'écoulement normal d'excitation du cœur, d'autant plus que des facteurs extracardiaques indiqués plus haut, ont pu être supprimés.

« Il faut tenir compte ici que ces changements ECG remarqués par nous, s'ils étaient produits sur un cœur malade avec une oscillation finale déjà transformée pathologiquement, par le courant galvanique montant, devraient avoir une signification bien plus grande, d'autant plus que nous savons qu'un cœur malade répond mieux par rapport à l'intensité et la durée de diverses applications thérapeutiques.

« Nous devons encore citer, comme autre cause défavorable de l'application du courant galvanique montant, comme déjà indiqué plus haut, l'agitation observée chez les animaux d'expériences pendant et encore quelque temps après la traversée du courant. Il faudrait donc conclure de ces recherches expérimentales — qui dans un certain sens correspondent aux observations déjà citées, faites sur des malades — que le traitement des malades du cœur, par des courants galvaniques montants, peuvent avoir des suites préjudiciables. C'est pourquoi l'application thérapeutique de courants galvaniques montants sur des malades de cœur n'est pas à conseiller.

« Après avoir fait passer le courant galvanique descendant, nous avons pu observer, contrairement aux changements électrocardiographiques exposés à l'instant, une élévation sensible de ST depuis la ligne isoélectrique et souvent en même temps l'augmentation de l'oscillation suivie.

« On pourrait donc supposer qu'également les courants galvaniques descendants provoquent des changements tout à fait spéciaux du courant actif du cœur.

« Des essais de HENLE sur des grenouilles et des chiens (avec le thorax ouvert) et le passage de courant cons-

tant (produit par un Daniell-Elément) de la base du cœur à la pointe du cœur et inversement, ont apporté en général un résultat semblable à nos essais exécutés sur animaux par d'autres méthodes et sous d'autres hypothèses.

« Les expériences de Henle sont un peu difficiles à interpréter en raison d'un effet puissant de polarisation. Bien entendu on devrait estimer à sa valeur l'élévation de l'oscillation intermédiaire et de l'augmentation des oscillations suivies (provoquées par le courant galvanique descendant) sur des cœurs sains. D'après les recherches cliniques indiquées au début, il était apparu après utilisation thérapeutique de courants galvaniques descendants (constatés aussi électrocardiographiquement), une influence favorable sur les cardiaques.

« D'autre part, la constatation de ADLER, HOCHSTADT et SCHEMINZKY (1 c.) — qui pouvaient obtenir, après le passage de courants galvaniques descendants sur des grenouilles, un résultat calmant, même un genre de narcose —, se trouve être en certain accord avec les observations cliniques favorables.

« D'autres recherches cliniques et expérimentales sont en train pour utiliser thérapeutiquement ce résultat favorable des courants galvaniques descendants. »

Conclusion. — En somme ces auteurs analysent les effets du passage du courant galvanique suivant la polarité et ont constaté que :

1° Le courant descendant (sternum pôle +, sacrum pôle —) provoque :

une élévation marquée de l'oscillation intermédiaire ST ;

une augmentation de T ;

une onde R diminuée.

Ces modifications durent de une demi-heure à une heure.

Enfin on observe un effet narcotique marqué.

Nous n'avons pas eu à notre disposition les schémas accompagnant ces articles ; on peut cependant imaginer le tracé suivant d'après le texte.

2° Courant ascendant (sternum — sacrum +) provoque :

un abaissement de ST ;

convulsion et agitation.

Nous donnons à titre d'indication la représentation de ces constatations.

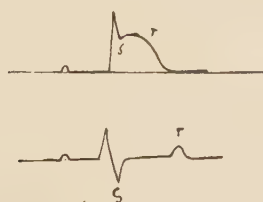


FIG. 15 et 15 bis.

En somme cette étude nous donne des indications intéressantes sur l'électrocardiogramme après le passage de courant polarisé.

Comme la la H. F. R. est polarisée, il est probable que l'on doit retrouver des modifications semblables. Malheureusement, ayant eu connaissance trop tard de ces recherches, nous n'avons pas tenu compte de la polarité dans nos expériences. Il est d'ailleurs probable que la polarité n'avait qu'une faible influence dans nos propres expériences en raison de la faible surface d'excitation.

Il serait donc souhaitable de reprendre ces recherches en tenant compte de cette étude, et de confronter les résultats obtenus en courants de H. F. R. avec ceux observés en courant continu.

3° Article.

SUR L'INFLUENCE

DU COURANT ELECTRIQUE ALTERNATIF INTENSE

DE BASSE FRÉQUENCE SUR LE CŒUR

par IUNIEV et MERTCHIKOV (*Bulletin de Biologie et de Médecine expérimentale de l'U. R. S. S.*, 1937).

« Au cours d'un travail antérieur consacré à l'étude de l'influence du courant alternatif fort (50 périodes) sur le cœur de grenouille (IUNIEV et GUERTSCHIKOVA), nous avons noté le fait suivant : lorsque l'état de bloc auriculo-ventriculaire provoqué par le courant fort est passé et la fonction normale du cœur est rétablie, un choc induit unique d'intensité presque liminale peut renouveler cet état de bloc enregistré électrographiquement.

« Ce travail a été entrepris dans le but d'une étude plus détaillée de ce bloc secondaire.

« La méthode de nos expériences a été la même que celle que nous avons décrite dans notre communication précédente.

« Nous soumettions le cœur de la grenouille à l'action (à l'aide d'un commutateur) soit d'un courant alternatif fort, soit d'un choc induit unique. La bobine d'induction a toujours été employée sans noyau de fer doux ; le primaire ayant 10.000 tours a été alimenté par un accumulateur de 4 v. Nous avons employé dans la plupart des expériences des électrodes en plaques couvertes de ouate imbibée de liquide de Ringer, et dans les autres des serre-fines fixées au sommet du ventricule.

Résultats.

« Les expériences ont montré que le phénomène décrit plus haut s'observe assez fréquemment dans les modifications variées, nous l'avons constaté sur 28 cœurs du nombre total de 38 soumis à l'épreuve.

« Dans la plupart des expériences, le cœur revenu au travail normal après le stade du bloc provoqué par l'action précédente du courant alternatif fort (15 à 30 v.), retombe en l'état de bloc en réponse à un faible courant induit, d'intensité parfois liminale ou même subliminale.

« Le bloc secondaire peut être partiel ou même complet, renouvelant le tableau qu'avait provoqué antérieurement, sur ce même cœur, le fort courant alternatif. On réussit parfois d'observer l'effet chronotrope négatif secondaire, parfois à constater l'arrêt du ventricule et des oreillettes, dans les cas où le cœur avait été précédem-

ment amené à un état d'arrêt analogue mais plus prolongé, sous l'influence d'un fort courant alternatif.

« Ces phénomènes secondaires — notamment les blocs et l'arrêt des oreillettes, se produisent plus souvent en présence non d'une excitation liminale, mais d'une excitation induite unique plus puissante (par exemple avec une distance de 5-6 cm. des spirales de la bobine sans noyau de fer, avec un seuil d'excitation de 10 à 12 cm.). Les expériences de contrôle effectuées sur ces mêmes cœurs, et également sur d'autres, ont montré que l'excitation induite unique, même d'une intensité très considérable (avec une distance des spirales de la bobine égale à 0 cm. sans noyau), ne provoque jamais ni bloc ni, à plus forte raison, d'arrêt des oreillettes, à moins que le cœur n'ait été préalablement soumis à l'action du courant alternatif fort.

« Quelquefois les phénomènes précités se manifestent déjà sous l'effet de la première action du fort courant alternatif, mais plus souvent ils n'ont lieu qu'à la suite d'actions répétées. Dans maints cas, ces phénomènes se produisent aussi lorsque le cœur est soumis à l'influence d'un choc induit unique d'intensité presque liminale ou modérée (5-6 cm.) pendant la durée de la phase réfractaire absolue : si l'extrasystole est absente, la contraction suivante du ventricule vient tout de même souvent à échapper, voire en simulant parfois un certain degré le tableau de la pause compensatrice.

« Le bloc secondaire et l'arrêt secondaire des oreillettes peuvent se produire sous l'action non seulement du courant induit unique, mais aussi du courant alternatif faible, qui précède — avant l'application du

courant alternatif fort — ne provoquait qu'une extrasystole unique, accompagnée de pause compensatrice.

« La durée du bloc secondaire varie entre plusieurs secondes et une minute, quelquefois elle dépasse un peu cette limite, ce qui dépend de la durée du bloc primaire et de la force du choc induit.

« Le bloc se manifeste toujours sur la contraction cardiaque suivant immédiatement l'excitation induite, et sous ce rapport, il diffère du bloc primaire qui, lui, ne se produit qu'après une certaine période de phase latente. Cette phase latente, décrite dans la communication précédente, varie dans nos expériences entre quelques secondes et 10-20 secondes et plus, suivant la puissance du courant alternatif.

« Le bloc secondaire, dans beaucoup de cas, manifeste un caractère dynamique par son approfondissement croissant : le bloc partiel passe des degrés plus bas à ceux plus hauts, et peut se changer en un bloc complet.

« L'arrêt secondaire des oreillettes peut aussi revêtir le même caractère dynamique. Ce trait du bloc secondaire répète la propriété du bloc primaire qui, souvent, d'après nos observations, s'approfondit aussi progressivement jusqu'au degré du bloc complet.

« La période dynamique du développement de l'inconductibilité auriculo-ventriculaire peut atteindre un nombre assez grand de secondes (10-20 secondes et plus).

« La propriété inhérente au choc induit unique de provoquer le bloc du cœur revenu au travail automatique normal, constitue un contraste frappant avec une

propriété tout opposée qu'il possède aussi, que nous avons observée dans certaines expériences : celle de supprimer l'état de bloc survenu sous l'influence du courant alternatif fort. Un phénomène analogue, quoique dans d'autres conditions expérimentales, a été observé par de Boer, alors qu'il soumettait le cœur, empoisonné par la vératrine, à l'irritation induite au cours du bloc. Le cœur ayant subi l'action du courant alternatif fort, mais revenu déjà à son travail normal, peut, sous l'influence du choc induit unique, manifester une rechute de l'effet inotrope négatif ; cet effet inotrope secondaire est moins nettement prononcé et dure moins longtemps que l'effet primaire provoqué antérieurement par le courant alternatif fort.

« Le phénomène du bloc secondaire témoigne de ce que le système conducteur auriculo-ventriculaire, malgré la restauration apparente de sa fonction conserve en lui-même, durant une certaine période (10 à 30 secondes, quelquefois plusieurs minutes) après l'action du courant alternatif fort, comme une trace de cette action, une labilité élevée par rapport au courant électrique. Cette labilité résiduelle du système conducteur du cœur qui se manifeste en l'apparition du bloc secondaire, présente une certaine analogie au fait constaté depuis longtemps déjà par Wérigo pour les troncs nerveux ; dans le nerf ayant restitué sa conductibilité après un état de dépression cathodique, on observe également, durant une certaine période, une prédisposition élevée aux rechutes d'inconductibilité qui éclosent sous l'influence d'un courant continu notablement plus faible qu'au début de l'expérience. Fait d'importance essen-

tielle, les phénomènes analogues peuvent se produire pour des tissus irritables variés et sous l'action de formes diverses de courant électrique (courant alternatif et continu). »

*
**

En résumé, cette étude est consacrée à la constatation d'un bloc secondaire provoqué par un choc d'induction ou un courant alternatif. Après avoir provoqué un bloc primaire par passage d'un courant alternatif fort, le cœur étant revenu à son rythme normal, on fait passer :

- un choc d'induction ;
- ou un courant alternatif faible.

On observe alors un bloc secondaire.

Ce bloc n'est pas produit par le passage isolé de la décharge d'induction ou par le courant alternatif provoquant le bloc secondaire. Ceux-ci ne produisent, en effet, que des extra-systoles.

Le bloc primaire se manifeste après une période de latence ce qui n'a pas lieu pour le bloc secondaire.

Enfin, on observe le phénomène inverse, à savoir : suppression de l'état de bloc provoqué par un premier passage du courant alternatif. Donc le cœur garde une trace de l'excitation primitive et manifeste une tendance à s'arrêter par le passage d'un courant même très faible.

Nous avons observé pour le passage de la H. F. R. des phénomènes analogues. Dans les derniers tracés, en particulier, où nous avons enregistré des troubles du rythme, nous avons en effet constaté que le cœur étant revenu à son rythme normal, il suffisait d'un courant très faible pour reproduire un bloc.

II. — TRAVAUX PERSONNELS

1° Compte-rendu chronologique du 4 au 26 Octobre.

30 septembre. — Essai de dérivation indirecte (patte antérieure D, patte postérieure G) avec du fil enroulé autour de la patte avec interposition de coton imbibé de sérum physiologique.

Résultat : négatif.

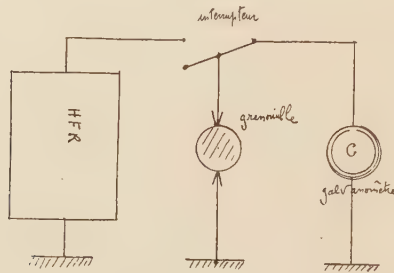


FIG. 16.

Fil de cuivre placé directement sur le cœur : grosse déviation, mais la dérivation est inversée.

Résultat : négatif, Expérience I, (1).

On effectue le montage en interceptant seulement un pôle de la H. F. R. l'autre pôle étant relié à la terre.

Résultat : Le spot vibre et on est obligé de modifier le montage (schéma 16).

4 Octobre. — On déconnecte et reconnecte les fils à la main.

EXPÉRIENCE I. 1°) Electro normal P négatif, T négatif, rythme Isec. 2 (2).

2°) Electro après passage pendant une demi-minute d'un courant de 22 V. et 0,6 mA. (3).

Résultat : On note une modification entre l'onde T et P due sans doute au déplacement de l'électrode pendant la systole. Pas de modification du rythme ni de l'intervalle PR = 0 sec. 3.

Examen histologique : grenouille parasitée, dégénérescence du myocarde. En somme aucune conclusion.

5 Octobre. — *Comportement du courant vis-à-vis des condensateurs* (schéma 10).

1° Le courant cardiaque passe à travers les condensateurs, mais il est complètement déformé.

2° La H. F. R. ne passe pas à travers les condensateurs.

3° La vibration du spot est intense quand un pôle seulement de la H. F. R. est en relation avec un condensateur relié au galvanomètre.

On abandonne ce montage.

6 Octobre. — Détection de la H. F. et étalonnage de la longueur d'onde au moyen d'un poste récepteur de T.S.F. étalonné. Un bruit de roulement dans le récepteur traduit le passage de la basse fréquence. Aussi on décide de changer le filtre de la haute tension.

12 Octobre. — EXPÉRIENCE II. Témoin-rythme une seconde. P positif, T négatif (1).

1° On fait d'abord passer une série d'excitations faibles pendant 20 secondes, avec un courant de 15 v. et 1,5 mA. puis 10 v. et 1,2 mA. pendant 40 secondes puis 120 secondes. On observe pas de contraction apparente, pas de trouble du rythme, mais l'onde T s'abaisse (2, 3, 4).

2°) On fait passer un courant fort : 26 v., 3 mA. pendant 20 secondes puis 40 secondes (5, 6) ; puis 36 v. 5 mA, pendant 20 secondes.

On observe de fortes contractions suivies de repos compensateurs. Mais pas de trouble du rythme. Au point de vue électro-cardiographique :

Onde T de plus en plus négative.

Amplitude de R diminue puis augmente au dernier tracé.

Onde S inexistante sur le témoin devient négative.

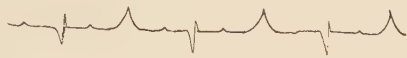
En somme *aspect diphasique*. Longueur d'onde 75 m.

Temps perdu entre la fin de l'excitation et la prise du tracé = 1'30.

13 octobre. — *Conditions expérimentales*. Longueur d'onde : 250 m. (expérience III). Alors que la veille, on avait fait passer le courant pendant plusieurs minutes, on essaye aujourd'hui l'effet des excitations brèves et répétées.

Témoin : (1) allure diphasique. P négatif, Q négatif, T négatif. On observe sur le témoin une onde entre R et T (onde β)

1° Excitations : 10 exc. brèves avec 10 v. et 1 mA.
Prise d'un tracé immédiatement après et 8 minutes
après (2, 3) ;



III (2), 13 octobre.

20 exc., 6 v. 0,5 mA. 2' après (4) ;

20 exc., 6 v. 0,5 mA. 8' après (5) ;

3 exc., 40 v. 4 mA. (6) ;

20 exc., 40 v. 4 mA. 8' après (7, 8).

L'aspect de tous ces tracés est identique, l'onde Q se creuse ainsi que l'onde T, mais beaucoup plus que dans la planche II et T devient plus grand que R.

2° En fin d'expérience, on fait une centaine de sommations dans le but de provoquer la fibrillation du myocarde ou un trouble du rythme. On observe seulement une pause compensatrice assez longue, mais on ne peut prendre le tracé pendant celle-ci. Dans ce dernier tracé, le T s'est encore creusé de un à deux centimètres et R a diminué (9, 10).

En somme, dans tous ces tracés, modification d'amplitude des ondes :

- T de plus en plus négatif ;
- Q de plus en plus négatif ;
- R diminue en fin d'expérience.

Mais pas de trouble notable du rythme.

17 Octobre. — *Conditions expérimentales* : longueur d'onde 300 m. ; fil à nu sur le cœur. Déroulement du film 15 mm. par seconde (au lieu de 30) ; aspect du tracé : inhabituel avec une grande onde en plateau après T (1) (expérience IV).

On fait passer :

1° un courant nettement sous-liminaire : 2 v. 0,2 mA. pendant 1/4 de minute : pas de contraction, tracé nettement mauvais ; impossible à interpréter (2), expérience IV.



IV (3), 17 octobre.

2° 10 exc., 10 v. 14 mA. : contractions violentes, P disparu, Q se creuse fortement, grande onde T en dôme (3). En somme tracé très atypique, décelant de gros désordres myocardiques.

18 Octobre. — *Conditions expérimentales*. Longueur d'onde : 200 m. (expérience V). Témoin P positif, S légèrement négatif, T négatif (tracé de petite amplitude) (1).

On fait des excitations brèves de 7 v. 0,2 mA. (2), quelques secondes après (3) ; puis 20 exc. de 40 v. 1,7 mA. (4), quelques secondes après (5) ; puis 80 exc. de 12 v. 0,5 mA. (6), 5 minutes après (7).

On n'observe pas de trouble du rythme, mais seulement une inversion de T qui de négatif devient positif.

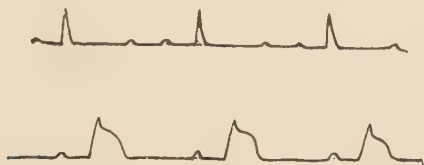
24 h. après, le cœur isolé bat toujours à un rythme plus lent : 2 sec., T toujours positif, onde entre T et P (onde β) (8) expérience V.

20 octobre. — *Expérience VI*. On place un interrupteur à mercure dans le circuit de l'électr. et on prend comme dérivation : Pharynx-viscères.

Pour l'excitation, on place des électrodes métalliques (électrodes pour sciatique) à la base du cœur.

Témoin : P positif, Q absent, S absent, T négatif (1) expérience VI.

Après passage de 10 mA. 25 v. Grosse altération due sans doute à la cautérisation de la pointe (2).



VI (1) (2), 20 octobre.

22 octobre. — Dérivation bouche-anus avec les électrodes impolarisables (expérience VII) de Dubois-Raymond et de d'Arsonval.

Témoin : Rythme 1 sec. P positif, T absent (1).

Excitations nombreuses, 25 v. 1,5 mA. : arrêt du cœur, mais sur le tracé par de troubles du rythme (2, 3).

Arrêt pendant 1 ou 2 systoles (4, 5).

En somme, longue période de repos compensateur. Arrêt du cœur et reprise.

24 Octobre. — *Expérience VIII.* Témoin rythme lent 2 sec. P positif, T négatif (1).

Longueur d'onde : 200 m.

1° Après une minute de passage, $v = 1$ à 2 v., $I = 0,2$ mA., résistance 100.000 ohms. On observe une ébauche d'inversion de T, malgré la faible puissance du courant, T devient négatif ? (2).

2° Excitation avec 50 v., 3,2 mA. Contraction désordonnée. Prise du tracé pendant l'arrêt : extrasystole (3, 4).

Conclusion : courant faible, inversion de T ; courant fort, trouble du rythme.

25 Octobre. — *Expérience IX,* longueur d'onde : 270 m.

Témoins : amplitude faible, R positif, T positif, rythme 1 seconde 8 (T).

Après excitation avec 39 v. 2,1 mA. : R augmente, T aussi (1, 2, 3).

Prise du tracé pendant l'arrêt : nombreuses ondes secondaires. T est très pointu (4, 5), expérience IX.

Petite arythmie : intervalle entre les systoles : 1,6 seconde ; 1,7 ; 1,4 ; 1,8 ; PR = 0,3 (6).

(7) et (8), R très augmenté ainsi que T.

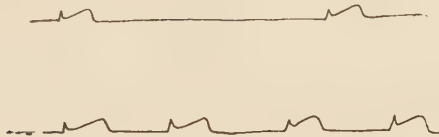


IX (7), 25 octobre.

En résumé, R et T très augmenté, trouble du rythme.

26 octobre. — *Expérience X.* L. = 300 m. Témoin : Rythme = 1 sec. 7. PR = 0,4. P positif, R positif. T négatif (1).

Excitations nombreuses avec 2,8 mA., 40 v. On observe un arrêt du cœur prolongé (1 minute environ), puis reprise des contractions, mais à un rythme beaucoup plus lent. En outre, l'onde T est très déformée en dôme (2).



X (2), 26 octobre.

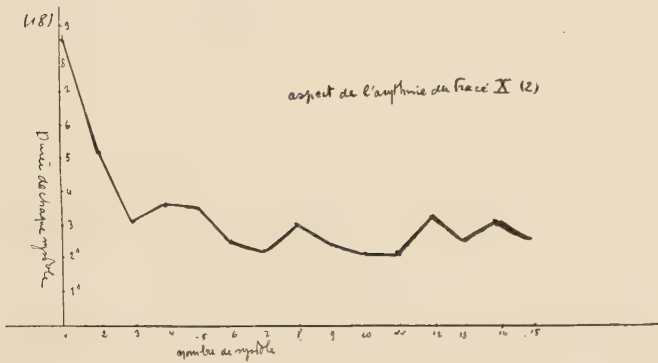


FIG. 17.

Les abscisses représentent le numéro d'ordre des systoles.

1^{re}, 2^e, 3^e, 4^e et n^{me} systole après l'arrêt cardiaque.

Les ordonnées représentent la durée de chacune d'elles.

Intervalle entre les systoles : 8,6 sec. ; 5,3 ; 3,2 ; 3,7 ; 3,6 ; 2,6 ; 2,5... Le rythme a donc tendance à reprendre sa valeur normale (schéma 17).

Longue excitation : arrêt tachycardie pendant l'excitation (n'est pas sur le tracé).

1/2 heure après l'excitation, le rythme est revenu à sa valeur normale à 1,4 sec., S s'abaisse, T en dôme avec abaissement brusque (3).

Longue excitation 3,1 mA 41 v. Bradycardie et arythmie (tachycardie pendant l'excitation) P +, R +. T, en dôme est positif.

Rythme : 2,5 - 2,5 - 5 - 2,9 - 3,3 - 3,5 - 5 - 5,6 - 2,8 (4).

Le rythme a tendance à s'allonger.

Courte excitation, arrêt complet (6). Cependant une excitation visible (non reproduite sur le tracé) (bloc secondaire).

Après quelque temps, le cœur repart en l'imbibant de sérum physiologique ; rythme régulier à 2 sec. 1, un peu plus lent que le témoin. T toujours négatif (7).

En somme :

1° Trouble profond du rythme : arrêt du cœur et reprise à un rythme plus lent.

2° Onde T profondément modifiée en dôme.

2° Interprétation des résultats.

Si nous considérons ces tracés dans une vue d'ensemble et essayons de les classer par catégorie, nous pouvons diviser les modifications en trois groupes.

Nota. — Tous les tracés indiqués n'ont pas été reproduits, mais on n'a donné que les principaux types. Les chiffres romains correspondent aux tracés pendant la même expérience. Les chiffres arabes indiquent le numéro d'ordre. Ex. : X (6), le 6^e tracé pris le 26 octobre.

A. Modifications ne portant pas sur le rythme.

Expériences II, III :

- T négatif se creuse ;
- R subit des variations d'amplitude ;
- S ou Q se creuse.

Expérience IX :

- T devient très aiguë ;
- R augmente aussi d'amplitude.

Expériences V, VIII, X :

- Inversion de T, Négatif devient positif (V et X) ;
- (douteux), Positif devient négatif (VIII).

En somme modifications semblables à celles trouvées par Rorffo, après application de courants de haute fréquence :

- Augmentation de la profondeur de Q ;
- Diminution de voltage de R ;
- Inversion de T ou T aiguë.

B. Modification spéciale.

Expériences IV et VI : tracés très atypiques.

Expérience IV :

- T en plateau sur le témoin ;
- T très arrondie et ample après excitation ;
- Q se creuse ;

Ces modifications peuvent se rapprocher des précédentes. Cependant, étant donné l'aspect anormal du té-

moins, aucune conclusion n'est possible. Peut-être s'agit-il d'un système couplé avec une contraction anormale sur deux.

Expérience VI : altération considérable portant sur tout le complexe.

S disparue ;

T à peine visible.

Image typique de lésion myocardique comme celle observée après cautérisation de la pointe (voir les tracés de FRÉDÉRIC), ou arrêt tonique de la pointe du cœur.

C. Modifications portant sur le rythme.

Expérience VII : pause compensatrice longue mais pas d'arythmie sur le tracé.

Expérience VIII : Extrasystoles et arrêt du cœur.

Expérience IX : légère arythmie.

Expérience X : Bloc caractéristique et certain (arrêt du cœur pendant plus d'une minute) et reprise des battements à un rythme très lent (8 secondes) et irrégulier.

En somme dans les deux premiers tracés troubles peu caractéristiques : extrasystoles, repos compensateurs longs. Dans le dernier, bloc complet suivi de brady-arythmie.

RÉSUMÉ

Les modifications que nous avons observées sont donc extrêmement variées, difficiles à classer, plus difficiles encore à interpréter. A cela nous trouvons plusieurs raisons.

D'abord les conditions expérimentales différentes (dérivations directes, indirectes. Electrodes impolarisables ou non).

Malgré cela, nous avons été frappés de ne pas observer les mêmes effets expérimentant dans des conditions sensiblement identiques en particulier pour les arythmies. Sur certaines grenouilles, il nous a été impossible d'en provoquer, malgré des excitations variées et répétées (courants forts, faibles, excitation longue, courte). D'autres sujets réagissaient au contraire très facilement.

Il n'est pas impossible que les systèmes nerveux extracardiaques aient une influence dans ces phénomènes. La destruction de la moelle et de l'encéphale ne supprime pas, en effet, les connexions du cœur avec les nerfs sympathiques ou parasympathiques. Lors des dernières expériences, nous avons en effet observé le fait suivant : l'arrêt du cœur pendant une systole pendant l'introduction de l'électrode d'argent dans le rectum. Ce phénomène ne peut s'expliquer que par une excitation nerveuse, car le cœur n'avait pas encore subi l'action de la H. F. R.

Enfin, en dernière raison, il faut certainement tenir compte de l'origine mixte de ces courants qui par certains effets se rapprochent de la H. F. (diathermie), et

par d'autres, de l'association galvano-faradique (excitation neuro-musculaire).

C'est pourquoi nous retrouvons dans les tracés des figures déjà décrites par les expérimentateurs ayant utilisé la haute fréquence (aspect diphasique), le courant continu (élévation ou abaissement de ST) modification de l'onde T ; le courant alternatif basse fréquence ou le courant faradique (blocs, trouble du rythme).

Conclusions

I. — Les courants de haute fréquence sont caractérisés par leur absence de pouvoir excito-moteur.

La polarisation de ces courants fournit de la haute fréquence redressée, qui possède un pouvoir excito-moteur très accusé. La production de la H. F. R. nécessite un poste producteur de haute fréquence (ondes amorties ou entretenues) et un redresseur à valves thermo-ionique.

II. — Les propriétés excito-motrices des courants de H. F. R. ont été étudiées sur le muscle strié et sur le cœur de grenouille par la méthode myographique.

L'excitation sur le muscle strié produit une secousse à l'ouverture et à la fermeture du circuit et un plateau pendant toute la durée du passage du courant (tétanos).

Sur le cœur on observe des effets comparables à l'excitation du courant faradique et galvanique associés : extrasystoles pour les courants faibles, tétanisation ou fibrillations pour les courants forts.

III. — Dans le précédent travail, nous avons utilisé la méthode électrocardiographique pour étudier l'influence de la H. F. R. sur le cœur de la grenouille.

Nous nous sommes servis d'un poste de H. F. à lampes, producteur d'oscillations rigoureusement entretenues, dont la longueur d'ondes variait entre 100 et 450 mètres, d'une puissance de 40 watts. Le montage était du type Hartley avec self à prise médiane. Ce poste était équipé avec un filtre sur la haute tension.

Le redresseur Cluzet et Chevallier, que nous avons utilisé, comportait 4 lampes triodes servant de valves thermo-ioniques. Ce redresseur utilise une seule alternance du courant de H. F., ce qui, du point de vue physiologique, a la même valeur que le redressement des deux alternances.

Enfin, pour la conduction de courant de H. F. R. au niveau des tissus de la grenouille, nous avons appliqué des électrodes impolarisables de Dubois-Raymond, l'une à la pointe, l'autre à la base du cœur. Une deuxième paire d'électrodes impolarisables, enfoncées dans le pharynx et dans le rectum de l'animal, servait à recueillir le courant cardiaque. Pour le réglage de la puissance du courant, nous disposions de voltmètre et d'ampèremètre électromagnétiques.

Nous avons vérifié la bonne marche de l'installation en particulier l'absence de modulation de la haute fréquence au moyen d'un poste récepteur de T. S. F. Nous avons vérifié également l'absence de H. F. dans le circuit de H. F. R.

IV. — Les résultats de ces expériences ont montré les faits suivant :

A. Modifications ne portant pas sur le rythme.

Les plus constantes sont :

L'augmentation de la profondeur de Q ou de S ;
Diminution du voltage de R ;
T négatif très profond.

Ou bien :

Augmentation du voltage de R ;
T positif devient très aiguë et plus élevée que R

Toutes ces modifications ont déjà été trouvées par les auteurs ayant pris des tracés après application sur le cœur de courants de H. F. (Rorro) ou de courants galvaniques (HOCHSTADT).

B. Modifications spéciales.

Il s'agit de tracés profondément modifiés de cœurs ayant certainement subi une altération myocardique profonde (tracé avec plateau et disparition de S et T) et non d'une action spécifique de la H. F. R.

C. Modifications portant sur le rythme.

Ces modifications sont inconstantes mais indubitables et se produisent plus facilement après le passage de cou-

rants forts et d'excitations répétées. On observe alors un arrêt du cœur pendant plusieurs systoles puis reprise des battements à un rythme très lent. On observe aussi une accélération du rythme pendant le passage du courant.

Le Doyen :
J. LÉPINE.

Le Président de Thèse,
PONTIUS.

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 25 Mai 1939.

Le Recteur, Président du Conseil de l'Université,
A. LIRONDELLE.

Bibliographie

- PETZETAKI. — Electrocardiogramme polyphasique des oreillettes de la Grenouille. *Soc. de Biol.*, 23 juill. 1932, n° 24.
- FRÉDÉRIC (H.). — Aspects actuels de la physiologie du myocarde. *Presse Universitaire*, 1926.
- HOCHSTADT et LEINDORFER. — Ueber die wirkung des galvanischen stromes auf den erregungsablauf in hertmuzeel *Wien. Klin. Woch.*, 1937.
- IUNIEV et MERTCHIKOV. — Sur l'influence du courant électrique alternatif (sinusoïdal) intense de basse fréquence sur le cœur. II. Phénomènes résiduels à la suite de l'action du courant sur le cœur de la Grenouille. *Bull. Biol. et Méd. expérimentale U.R.S.S.*, 1937.
- ROFFO (A. E.) et TAQUINI (A. C.). — Modification de l'électrocardiogramme par application des ondes courtes. *Soc. Arg. de Biol.*, X, 4, 190, juillet 1934.
- ROFFO (A. E.). — Action des ondes courtes électromagnétiques sur le cœur des batraciens. *Rev. de Pathol. comparée et clinique générale*, fév. 1935, pp. 208-213.
- DOMENIGNI et GRICOLO. — Recherche électrocardiographique sur l'azione del onde corte sue cuore. *Gior. Med. alto Adige*, 485, 492, sept. 1937.
- PONTHUS (P.). — Etude physique et physiologique des courants de haute fréquence redressés. *Thèse de Médecine*. 1931.

Table des Matières

INTRODUCTION	9
CHAPITRE I. — <i>Historique</i>	13
a) Rappel de la production de la H. F.	13
1° Appareil de d'Arsonval	15
2° Appareil à lampe triode	17
b) Production de la H. F. R.	18
Redresseurs	19
c) Propriétés physiques et effets physiologiques de la H. F. R.	20
CHAPITRE II. — <i>Montage et conditions expérimentales</i>	25
a) Description du poste de haute fréquence redressée	25
Poste de H. F.	25
Redresseur	28
Réglage de la H. F. R.	29

b) Modalité de l'installation	32
1° Dérivation directe	35
2° Dérivation indirecte	35
c) Protocole d'une expérience	38

CHAPITRE III. — <i>Travaux antérieurs et recherches personnelles</i>	41
I. Travaux antérieurs	41
a) Electro normal de la grenouille	41
b) Electro après passage du courant autre que la H. F. R.	44
1 ^{er} article	44
2 ^e article	49
3 ^e article	60
II. Travaux personnels	66
1° Compte-rendu chronologique	66
2° Interprétation des résultats	74
A. — Modifications ne portant pas sur le rythme	75
B. — Modifications spéciales	75
C. — Modifications portant sur le rythme	76
CONCLUSIONS	79
BIBLIOGRAPHIE	83

IMPRIMERIE DE TREVoux

G. Patissier

1939

